

En qué investigar en electrónica en Colombia

Documento preparado bajo el auspicio de
Colciencias para el programa Nacional de Investigación en Electrónica, Telecomunicaciones e Informática.

En este artículo, se presentan algunas ideas sobre las posibles áreas de trabajo investigativo que puedan desarrollarse en nuestro país. En muchas de ellas puede no verse clara la forma como el trabajo que se lleve a cabo pueda impactar nuestro sector productivo; sin embargo es vital que se comience a desarrollar una actividad básica, para generar la infraestructura de conocimiento necesaria, para que en un futuro cercano se de origen a una industria nueva que nos ponga en condiciones competitivas a nivel latinoamericano en el campo de la electrónica.

En el artículo se presenta inicialmente un breve recuento de la tecnología a nivel internacional, para pasar después a presentar las áreas en que se debe hacer un esfuerzo para lograr un nivel tecnológico alto. Finalmente se presentan algunas ideas para la estructuración de un plan de desarrollo científico y tecnológico en electrónica.

1. Panorama a nivel Mundial

Basados en una revisión muy rápida de publicaciones especializadas del IEEE (Institute of

Electrical and Electronics Engineers) trataremos de presentar un panorama de cuál es la tendencia de la tecnología en diferentes campos de la electrónica. Hemos dividido la



Antonio García Rozo

Ingeniero Electrónico
Universidad Javeriana.
Profesor del Departamento de Ingeniería Eléctrica
Universidad de los Andes.
Área de Especialización Ingeniería Electrónica.

presentación de estos campos en siete grandes áreas, a saber: la electrónica informática, telecomunicaciones, electrónica de consumo, electromedicina, electrónica industrial, medición y pruebas, y circuitos de estado sólido.

• Computadores personales

Los avances en el desarrollo de arquitecturas computacionales tipo RISC

(Reduced Instruction Set Computers) y en el área de diseño de circuitos integrados, han llevado a que los espacios ocupados por los

Computadores Personales, PC, y las Estaciones de Trabajo, WS, se comiencen a confundir, encontrándose hacia el futuro una

tendencia hacia tener WS a precio de PC, con capacidades muy por encima de las actuales. Se tendrán equipos de bajo costo con velocidades del orden de 15 MIPS (million instruction per second) con memorias de trabajo del orden de los 10 Mbytes.

Esta tendencia, que si bien no presenta la totalidad de los avances de este campo (no olvidemos los Laptop, las memorias, los periféricos), ni en un campo de trabajo directo en su desarrollo para nuestra ingeniería, nos afecta en la medida en que nos brindará la posibilidad de contar con una herramienta de trabajo de gran poder para el desarrollo de aplicaciones de diseño CAD (Computer Aided Design), CAM (Computer Aided Manufacturing) y CAE (Computer Aided Engineering) que redundarán en una mayor eficiencia en los trabajos.

• Telecomunicaciones

Este campo, de importancia estratégica para la industria electrónica del país, presenta una gran variedad de áreas de explosión tecnológica y un marco institucional nuevo que permite la inserción de la iniciativa privada en su desarrollo.



La implantación total de redes de servicios integrados, ISDN, la utilización de enlaces de

transmisión de banda ancha a través de fibra óptica, la aparición de redes de comunicaciones personales PCN, como un nuevo escalón dentro de las comunicaciones móviles, el uso intensivo de LAN (Local Area Networks), MAN (Metropolitan Area Networks) y WAN (Wide Area Networks), y la aparición de elementos de conmutación de tipo interruptor fotónico, son algunos de los desarrollos tecnológicos que hacen prever grandes innovaciones en los futuros servicios de telecomunicaciones, en los que aparecerán retos en el desarrollo tanto de aplicaciones, como de nuevos equipos, con los cuales se generará un nuevo panorama para las actividades cotidianas.

• Electrónica de Consumo

El desarrollo de un nuevo estándar para la televisión, el de televisión de alta definición, HDTV, presentará para las próximas décadas una televisión de características muy superiores a las actuales en cuanto a la calidad completa de la imagen.

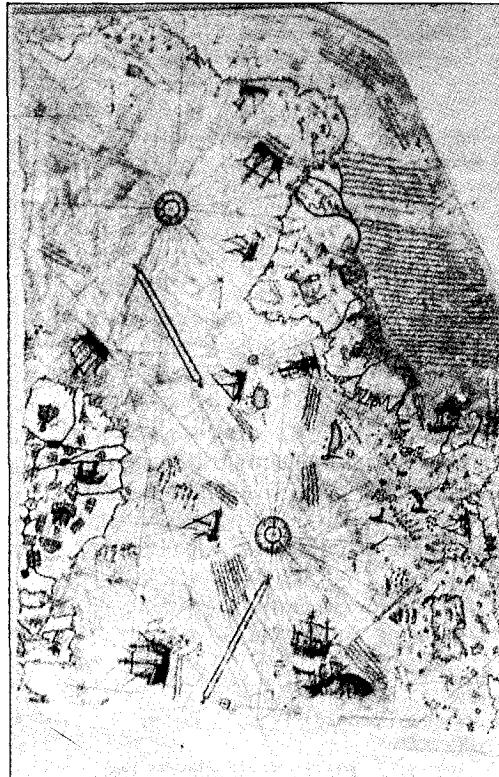
La utilización de redes neurales, lógica difusa y procesadores de señales en los circuitos de control de electrodomésticos tales como máquinas lavadoras o aires acondicionados son un ejemplo de los futuros desarrollos que encontraremos en la electrónica aplicada al hogar, utilizando las teorías más avanzadas en cuanto a procesamiento paralelo y lógico.

• Electromedicina

Los grandes avances en sensores y capacidad de procesamiento han generado nuevos campos y alternativas dentro de la

electromedicina, entre los cuales podremos mencionar la MRI (Magnetic Resonance Imaging), la CAS (Computer Aided Surgery) y los ultrasonidos.

La captura de imágenes de tejidos mediante la aplicación de campos magnéticos y pulsos de radio frecuencia, MRI, sobre el área del cuerpo afectada, ésta comenzando a verse no solo como un elemento de diagnóstico muy eficiente sino que también



aparece como una excelente ayuda en las salas de cirugía, gracias a los avances en su resolución y a la tecnología de sensores.

En el campo de la cirugía asistida por computador, CAS, se comienzan a hacer experimentos para utilización de brazos de robot en algunos tipos de incisiones quirúrgicas utilizando datos obtenidos mediante resonancia magnética.

Aunque los ultrasonidos son una tecnología ya consolidada, los avances en sensores, las altas capacidades de procesamiento alcanzadas recientemente y su bajo costo comparada con otras técnicas de diagnóstico tales como MR, le están dando nuevamente vigencia a su utilización, especialmente en el campo de la circulación de la sangre.

• Electrónica Industrial

El área de la electrónica industrial ha tenido en los últimos años un desarrollo impresionante, en el cual la aparición de robots cada vez más inteligentes ha sido uno de los principales logros. En el caso de los robots los avances en técnicas de visión, en sensores y en computadores han contribuido enormemente a su desarrollo.

De otra parte encontramos también en este campo una gran penetración de los controladores basados en lógica difusa, los cuales dan a los sistemas de control de proceso una nueva dimensión. Otro de los elementos que han entrado en escena en el campo industrial con éxito son los microprocesadores tipo

RISC los cuales han dado a los controladores programables y equipos de control numérico una gran velocidad.

• Medición y pruebas

La estandarización de los diferentes procesos de medición ha llevado a la incorporación de verdaderos sistemas de medición integrales, los cuales aprovechan al máximo los avances hechos en procesamiento de datos, tecnología de sensores, y diseño de circuitos integrados.

La utilización de sensores ópticos especiales para la medición de señales de alta potencia directamente sobre las líneas de transmisión, superando las complicaciones de los esquemas de medición tradicionales, es una de las técnicas que en un futuro cercano revolucionará los sistemas de supervisión y control de sistemas de potencia.

- Circuitos de Estado Sólido

Todos los anteriores avances se fundamentan de manera importante en los trabajos que se desarrollan alrededor del diseño y fabricación de circuitos integrados, que para la fecha ya presentan densidades del orden de 1 millón de transistores en circuitos de microprocesadores y de 64 millones de unidades de almacenamiento en el caso de las memorias.

Grandes trabajos se desarrollan para lograr aumentar los niveles de integración en circuitos de alta velocidad basados en tecnología de AsGa y se mejoran las perspectivas de los circuitos basado en tecnología BICMOS. Adicionalmente a estos trabajos encontramos las investigaciones alrededor de circuitos mixtos, esto es analógicos y digitales sobre el mismo sustrato.

De otra parte crecen los desarrollos de circuitos basados en circuitos de tipo PGA (Programmable Gate Arrays) permitiendo una implementación de circuitos lógicos de mediana complejidad a costos relativamente bajos comparados con las implementaciones tradicionales con circuitos estandar MSI.

2. Mercado mundial

Para darnos una idea de cual es el panorama mundial en cuanto a la

participación de los diferentes países en el mercado de la electrónica, analicemos algunos datos tomados de la publicación Spectrum de IEEE de Febrero de 1990.



Desde el punto de vista de investigación podemos analizar las cifras de patentes otorgadas en los Estados Unidos durante el periodo 1975 - 1988. De un total de 192.522 patentes, 105.546 fueron

La producción mundial de electrónica en general, esta dividida básicamente en cuatro grandes porciones: 40% para EEUU, 30% para Europa, 20% para Japón y 10% para el resto del mundo, con un valor total aproximado de US\$ 814 billones.

Desagregando por áreas la participación de los tres grandes encontramos las siguientes cifras:

- Procesamiento de Datos
TOTAL US \$ 174 Billones
USA 45%
Japón 32%
Europa 23%

- Electrónica Profesional
TOTAL US \$ 88 Billones
USA 63%
Japón 9%
Europa 28%

- Electrónica de Consumos
TOTAL US \$ 61 Billones
USA 21%
Japón 59%
Europa 20%

Telecomunicaciones
TOTAL US \$ 54 Billones
USA 35%
Japón 26%
Europa 39%

presentadas por EE.UU, 44.421 por Japón, 13.507 por Alemania Occidental, 6.524 por Francia, 6.432 por Gran Bretaña y 749 por URSS entre otros.

3. Lineas de Futuro

A continuación se plantean algunas de las áreas en las que considero se deberían concentrar los esfuerzos de investigación y desarrollo de los próximos diez años. Muchas de ellas no presentan a primera vista una posibilidad inmediata de aplicación directa pero sin embargo es de vital importancia que desde ya las dominemos pues se constituirán en las tecnologías predominantes.

Hasta el momento el país ha podido mantener una cierta independencia tecnológica en la operación y mantenimiento de los sistemas electrónicos que se han instalado gracias a que, si bien de una manera muy lenta, ha asimilado la tecnología. Sin embargo el panorama del futuro prevé cambios radicales en relación con la electrónica los cuales debemos asimilar de una forma mucho más eficiente que en el pasado so pena de perder todo

el terreno recorrido y caer en una dominación tecnológica sin precedentes.

De otra parte en el campo de electrónica se está presentando el fenómeno de tecnologías con un alto valor agregado tan característico del área de software de otros días. Campos como el de la microelectrónica en el que inicialmente estaban ligados de una forma directa el diseño y la fabricación, han evolucionado de tal forma que ya es posible hacer diseños para luego buscar el fabricante que nos brinde las mejores facilidades. Este tipo de esquemas es el que más tiende a favorecer nuestras economías en las que el valor agregado en mano de obra calificada es nuestra mayor ventaja.

3.1 Componentes

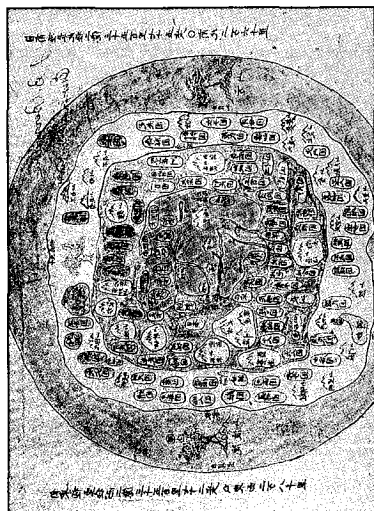
3.1.1 Materiales

Son muchos los trabajos que se podrían realizar alrededor del tema de los materiales usados en electrónica. Después del Silicio y el Germanio, los materiales compuestos, tales como los llamados II-V de los cuales el más conocido es el GaAs, han sido propuestos como candidatos para lograr dispositivos mas rápidos. Adicionalmente dispositivos del tipo IV-VI y los DMS (semiconductores "diluidos" magnéticamente), empiezan a ganar importancia industrial.

De otra parte la tecnología para manipular y observar la materia en una escala atómica ha avanzado a tal punto que hoy se puede controlar el tamaño físico de una

estructura hasta el límite de inducirle cambios predecibles en la energía electrónica.

3.1.2 Circuitos Híbridos



Esta área merece particular atención dentro del campo de los microcircuitos, entendiendo los circuitos híbridos en el sentido clásico de la palabra, esto es circuitos que contienen al menos dos circuitos "discretos" identificables interconectados y empaquetados de una forma sólida y compacta formando un

circuito eléctrico plenamente utilizable y comprobable.

Su importancia radica en el hecho de ser este tipo de circuitos la alternativa de CI más usada en procesos industriales y de telecomunicaciones en los que deben coexistir aplicaciones de baja y alta potencia o de media y muy alta frecuencia. Es clásico ejemplo de este tipo de aplicación la industria automotriz en la cual la electrónica mas avanzada se ha incorporado en la forma de circuitos híbridos.

Esta tecnología, para muchos paso inicial o antesala a la tecnología de circuitos integrados, trae una serie de retos de producción que generan al ser sorteados de forma correcta, todo

un bagaje de tecnología de base, en circuitos impresos, soldadura y manejo de componentes, que irradiada de forma apropiada traería grandes beneficios a la industria electrónica en general.

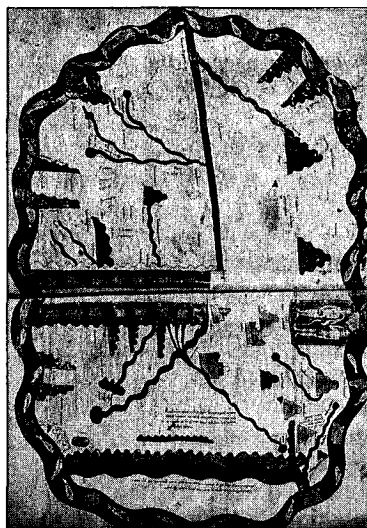
Como un ejemplo cercano de la utilización de esta tecnología como punta de lanza en la modernización industrial tenemos los casos de Brasil y Venezuela. En Brasil ya existen compañías dedicadas por entero a la fabricación de este tipo de CI, para satisfacer la industria aeronáutica, de telecomunicaciones y automotriz. En Venezuela el Instituto de Ingeniería ha instalado un centro de desarrollo desde el cual presta servicios de diseño y fabricación a la industria que requiere de este tipo de componentes.

3.1.3. Optoelectrónica

Una de las alternativas existente de mayor posibilidades de éxito para el aumento de la velocidad en los circuitos de conmutación es la de trabajar a nivel fotónico, lo cual implica un uso intensivo de la optoelectrónica. De otra parte la aparición de los medios de transmisión por fibra óptica ha

generado toda una nueva familia de dispositivos y una gran variedad de aplicaciones que hacen de este campo un verdadero reto para el futuro inmediato. Ya universidades como la Distrital y la Nacional de Bogotá han incursionado en este tema pero merece la pena que estos trabajos se difundan y se trate de crear una escuela de nivel nacional que nos permita transferir esta tecnología lo

más pronto posible a nuestro medio.



3.1.4. Microelectrónica

El campo de la microelectrónica lo podemos dividir en dos temas independientes: el de fabricación y el del diseño de circuitos integrados.

El tema de la fabricación reviste una gran complejidad desde el punto de vista del costo de equipos involucrados por lo que para nuestro medio queda relegado solo al plano del conocimiento teórico de los procesos.

De otra parte, la tecnología de diseño de circuitos integrados merece toda la atención que podamos prestarle, en especial la de los circuitos integrados de aplicación específica ASIC. La disminución de los costos de producción en los circuitos tipo ASIC, ha llegado a límites en los cuales volúmenes de fabricación típicos de nuestros medios o del pacto andino, son perfectamente viables, con soluciones de tecnología de punta.

Es importante por lo tanto favorecer centros de investigación y desarrollo de circuitos ASIC tratando en lo posible de que se generen polos especializados en las diferentes tecnologías, esto es Bipolar, CMOS, BICMOS, AsGa y otras que pueden parecer. De esta manera lograríamos una transferencia tecnológica eficiente y que rápidamente se podría poner al servicio de la industria.

3.1.5. Componentes pasivos

Existen algunas experiencias en nuestro país en la fabricación de componentes pasivos especialmente en el caso de

condensadores, las cuales han sido exitosas, y hoy encontramos que buena parte de la demanda de algunos tipos de condensadores a nivel industrial se satisface localmente.

El gran problema de este campo radica en los niveles de producción necesarios para lograr precios competitivos a nivel internacional con las calidades exigidas por el mercado.

3.2. Arquitectura de Computadores

La aparición en el mercado de componentes de gran poder computacional de utilización genérica hace posible el diseño de arquitecturas computacionales



muy especializadas, las cuales son aplicables en volúmenes bajos a la solución de problemas muy específicos.

De otra parte hoy nos encontramos con la existencia de librerías de diseño, dentro de las cuales podemos incorporar la mayor parte de los componentes tradicionales de los microprocesadores de mayor utilización, de tal forma que se puede llegar a soluciones que utilicen toda la tecnología desarrollada para ellos, en la definición de nuevas arquitecturas aplicables a problemas de nuevos periféricos, equipos de medición y control...etc.

3.3. Sistemas de Control

Son muchos los procesos, antiguos y modernos, que existen en nuestro país que todavía no cuentan con sistemas de control electrónico, por llamarlo de alguna manera, y que perfectamente podrían aumentar su eficiencia al incorporar sistemas electrónicos, poco complejos y diseñados sobre medida. Este último punto da a la iniciativa nacional una gran ventaja comparativa sobre las soluciones que pudieran venir del extranjero pues la base de cualquiera de estos sistemas es el conocimiento previo del proceso, el llamado Know-How, el cual ya es patrimonio nuestro.

De otra parte no podemos dejar de lado, en el caso de sistemas de

control, el campo de la robótica, en el cual existe una gran cantidad de trabajo por desarrollar. Estos trabajos van desde el desarrollo de ayudas para el control y programación de robots, hasta el desarrollo de sistemas de visión artificial e integración sensorial, pasando por el diseño y la construcción de algunos tipos de robots.

3.4. Procesamiento de señales

Este es otro de esos campos donde las soluciones no se pueden comprar prefabricadas; cada problema envuelve su propia especificidad dándole al

conocimiento detallado del mismo un peso muy importante dentro del proceso de diseño.

El estudio y aplicación de las técnicas, existente en este campo, es de vital importancia para muchas otras áreas en las que el análisis de las señales es la parte fundamental del proceso. Podemos citar a manera de ejemplo el procesamiento digital de señales de audio con amplias aplicaciones en comunicaciones o en automatización, y el procesamiento digital de imágenes, básico en electromedicina (caso MRI), con grandes aplicaciones en el campo de señales de satélites (sensores remotos) y en un futuro cercano en HDTV.

3.5. Instrumentación

El campo de la instrumentación electrónica, especialmente en el campo de la instrumentación industrial, es uno de los de mayor avance en nuestro medio. Son varias las industrias electrónicas que con éxito han incursionado en este tema pero que al igual que los demás campos de la electrónica no han superado la fase de exportación.

Este tipo de productos requiere de una acción a nivel global que los homologue de alguna manera para hacerlos comparables, y por lo tanto competitivos a nivel internacional. Han existido algunos esfuerzos para la implantación de un laboratorio nacional de metrología, pero estos no se han difundido de una manera profusa y además no ha existido la reglamentación estatal que promueva la homologación.

3.6. Electromedicina

Esta área es una de las más antiguas en la historia de los trabajos investigativos del país y ha



generado hechos aislados de alguna importancia. Sin embargo hasta el momento no ha existido una acción coordinada a nivel global que aune esfuerzos para llevar a realizaciones industriales los desarrollos.

Son muchas las direcciones en las que se podría realizar labores productivas en este campo, las cuales van desde trabajos a nivel fundamental en instrumentación especializada para el diagnóstico, hasta el desarrollo del equipo hospitalario adecuado a nuestro medio, que tanta falta le hace a nuestro deficiente sistema de salud.

3.7. Herramientas Computacionales

El desarrollo de herramientas computacionales que faciliten las fases de investigación, desarrollo, producción y mercadeo de un producto es otra de las labores en las que se deben realizar esfuerzos para lograr realizaciones nacionales.

Es muy posible que en el mercado

internacional encontremos paquetes de CAD/CAM y CAE para todas y cada una de las actividades en electrónica, pero con unas capacidades muy por

encima de las necesitadas en nuestro medio y a unos costos realmente inalcanzables. Esta situación hace atractivo el fomentar los esfuerzos para el desarrollo de algunos paquetes claves que puedan poner al alcance de nuestra

industria estas modernas herramientas de trabajo.

3.8. Modernización Industrial

Este campo ya mencionado en el punto de sistema de control merecería todo un capítulo aparte. Nuestros países en vías de desarrollo se ven obligados a mantener su maquinaria industrial en operación tiempos muy superiores a los acostumbrados en los países desarrollados, no pudiendo mantener el ritmo de renovación tecnológica exigido, por sus restricciones financieras.

Este limitante, puede sin embargo ser una de las fuentes más importantes para el desarrollo de toda una tecnología nacional en electrónica, pues sin necesidad de cambiar todo el equipo se pueden incorporar a este las más avanzadas tecnologías de control e instrumentación electrónicas, en un proceso que por ser hecho sobremedida da a la industria nacional grandes ventajas comparativas respecto a la importación de las soluciones.

En este campo otro aspecto que merece la pena estudiar es el de la automatización de los procesos de manufactura, utilizando los nuevos conceptos de células flexibles, sistemas flexibles, justo a tiempo, Kamban...etc. Esto implica el desarrollo de herramientas de análisis y diseño adaptadas a nuestro medio, el desarrollo de controladores de tipo universal utilizando las más modernas técnicas de circuitos integrados que se adaptan fácilmente a la diversidad de tecnologías existentes en nuestro país.

3.9. Metalmecánica de Precisión

El tema de la metalmecánica de precisión lo planteo dentro de este recuento como un ejemplo de las actividades que se deben fomentar en otros campos diferentes al de la electrónica, pero que afectan de una manera definitiva a toda su industria.

Difícilmente se puede llevar a una fase comercial un producto con grandes desarrollos tecnológicos incorporados, pero con una presentación CALIDAD o CONFIABILIDAD deficiente.

4. Anotaciones finales

4.1 Estado actual de la investigación en Colombia

En el caso colombiano, se puede afirmar que la mayor parte de la investigación que se realiza en el país a nivel universitario es de tipo investigación aplicada, realizada mediante tesis de pregrado en los diferentes programas de ingeniería

eléctrica y electrónica existentes. El nivel de esta investigación es bueno pero solo en el momento que se implanten programas de nivel de magister o de doctorado podremos tener una investigación de alto nivel.

En la actualidad solo existe un programa de magister en ingeniería eléctrica en el que hay un área de investigación específica en áreas de electrónica (El programa de magister de UNIANDES cuenta con áreas de investigación en Control, Bioingeniería y Microelectrónica).

A nivel industrial podemos decir que todo está por hacerse en el campo de la investigación formal. Si bien es cierto que casi todas las pequeñas industrias existentes se han formado a partir de desarrollos que podríamos llamar de tipo investigación aplicada, muy rápidamente las labores alrededor de la investigación y el desarrollo son dejadas de lado para concentrarse en actividades de producción en una fase inicial y posteriormente en actividades de administración, las cuales absorben buena parte de las actividades de los pocos profesionales vinculados

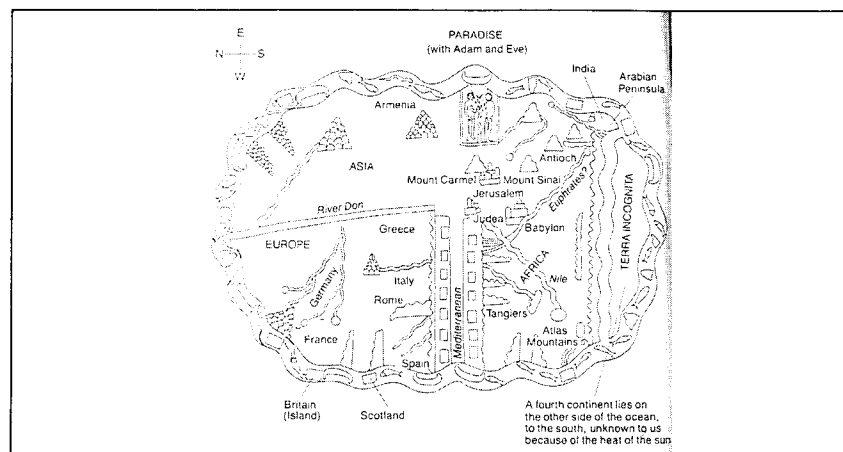
realizado por ASESEL en 1987, los proyectos de I+D que se desarrollaban en las empresas encuestadas se concentraban en un 50% en el área de medición, pruebas y control, un 25% en materiales, un 22% en telecomunicaciones y el resto en electromedicina. De acuerdo con el mismo estudio los principales obstáculos encontrados por los industriales para el desarrollo de actividades de I+D son los siguientes:

- * La carencia de una definida política de planificación y asesoramiento para cumplir con este tipo de actividades.
- * La ausencia de centros de investigación especializados...
- * La falta de apoyo económico adecuado.

4.2 Planes por área

Aceptadas las áreas de investigación mencionadas en el numeral anterior se deben formular planes estratégicos para cada una de ellas, en los que se involucren todas las instituciones relacionadas y se asignen responsabilidades muy claras para ser cumplidas en un término de tiempo.

Estos planes deberán contemplar la investigación básica sobre el tema, el desarrollo y asimilación de tecnología, la transferencia de la tecnología extranjera a nuestro medio, la transferencia



a las firmas (normalmente sus propios dueños). Este hecho genera rápidamente un estancamiento tecnológico.

De acuerdo con el estudio

de tecnología de los centros de investigación o universidades hacia la industria, y la capacitación a diferentes niveles (formación de investigadores, profesionales, técnicos)

4.3 Centros de Investigación

La creación de Centros de Investigación Especializados dentro de cada una de las áreas es una de las necesidades de mayor importancia. Es claro que para lograr desarrollos en tiempos muy cortos que los hagan competitivos, es necesaria una acción coordinada de las entidades que pueden intervenir en el proceso de desarrollo de un producto específico, de tal forma que la misión primordial de estos Centros sea más que la investigación en sí misma la coordinación de ésta, de tal forma que los entes financieros, universitarios e industriales que intervengan en el proceso puedan desarrollar su labor prácticamente en paralelo.

4.4 Cooperación universidad-industria

Un elemento vital para que la investigación y el desarrollo produzcan los efectos deseados por todos es la colaboración que puede existir entre la universidad y el sector productivo. Nuestros países no están en condiciones de

duplicar en ambas partes estructuras de I+D, por lo que se hace necesario que se busquen esquemas alternativos que permitan que estas labores se realicen utilizando los mejores recursos de ambas partes.

Una propuesta podría ser la creación dentro de las industrias de gran tamaño de departamentos de I+D conformados por profesores universitarios y estudiantes de postgrado que sin pertenecer a la empresa, estuvieran dedicados como parte de su actividad laboral, a analizar y solucionar los problemas y a hacer planteamientos de nuevas alternativas.

Para el caso de la industria pequeña serían los mismos centros de investigación los encargados de estar prestándoles los servicios, de I+D dentro de una modalidad de asesoría financiada, de ser posible mediante créditos externos no reembolsables en caso de fracaso de los proyectos.

De otra parte en los casos en que no exista industria capaz de asimilar la tecnología, se deberá

fomentar la creación de empresas en las que los investigadores participen accionariamente.

4.5 Nichos estratégicos

Si bien el objetivo del plan debe ser el desarrollo científico y tecnológico, antes que el desarrollo industrial, no se puede dejar de lado algunas consideraciones del mercado, por lo cual para todas las áreas definidas anteriormente, se debe realizar un estudio detallado de mercado, contemplando no solo el mercado nacional, sino también el mercado del pacto andino y de ser posible el mercado latinoamericano, para detectar los nichos estratégicos dentro de los cuales se deba fomentar la actuación de la industria.

Esta acción deberá ser una acción coordinada con los centros de investigación y con las universidades para que en cada uno de los productos se pueda garantizar que se está incorporando una tecnología de punta completamente dominada que garantice su éxito a nivel internacional.

